



HAL
open science

Analyse des mouvements sismiques générés par le séisme du Teil et comparaison avec des modèles de mouvements du sol empiriques

Roxanne Rusch, Aurore Laurendeau, Maria Lancieri, Paola Traversa

► To cite this version:

Roxanne Rusch, Aurore Laurendeau, Maria Lancieri, Paola Traversa. Analyse des mouvements sismiques générés par le séisme du Teil et comparaison avec des modèles de mouvements du sol empiriques. 5èmes Rencontres Scientifiques et Techniques Résif, Nov 2021, Obernai (67210), France. 2021. hal-03442541

HAL Id: hal-03442541

<https://hal.science/hal-03442541>

Submitted on 23 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Roxanne Rusch¹(roxanne.rusch-interim@irsn.fr), Aurore Laurendeau¹, Maria Lancieri¹, Paola Traversa²

¹Institut de Radioprotection et Sûreté Nucléaire (IRSN), PSE-ENV, SCAN, BERSSIN, Fontenay-aux-Roses, 92262, France

² EDF, DIPNN-DI-TEGG, Aix-en-Provence, France

1. PROBLÉMATIQUE

Le 11 Novembre 2019 un séisme de magnitude de moment estimée autour de 4,9 s'est produit à proximité de la commune du Teil en Ardèche. Ce séisme se caractérise par un hypocentre superficiel à une profondeur de 1,5 km ± 0,5 km [DeLouis et al., 2021] (Figure1.a).

L'objectif de ce travail est de comprendre quelles sont les caractéristiques des mouvements sismiques de ce séisme en termes de spectre de réponse et d'autres indicateurs.

Les mouvements du sol générés par ce séisme ont été analysés et comparés à des mouvements prédits (GMMs).

2. DONNÉES

Trois jeux de données (SNCF, AlpArray/CIFALPS-2 et Résif – RA, FR, 3C, ...) comportant des données accélérométriques et/ou vélocimétriques ont été utilisés dans ce travail (Figure1.a). La sélection des signaux utilisés a été effectuée selon les critères suivants :

- les stations doivent être localisées dans un rayon de 300km autour de l'épicentre,
- Le Ratio Signal sur Bruit doit être supérieur à 3 en amplitude sur une bande de fréquence Δf s'étendant au minimum de 1 à 10Hz.

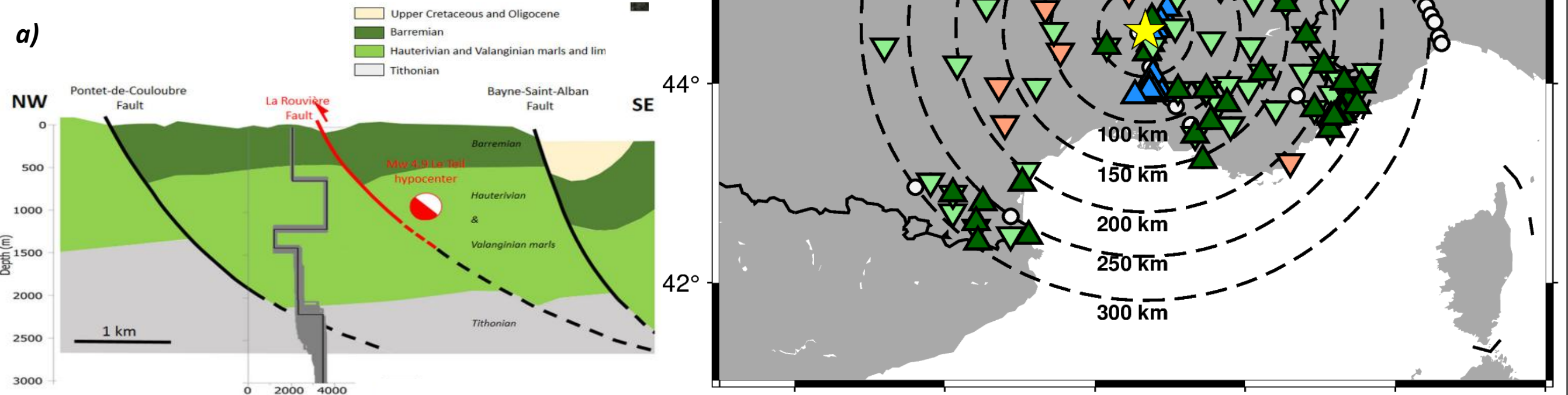


Figure1 : a) Coupe schématique NW-SE de la géologie autour de l'hypocentre et profil de vitesse des ondes S issu de Causse et al., 2021, b) Carte des stations utilisées dans cette étude. Les stations non utilisées après le processus de sélection sont indiquées par des ronds gris.

4. EFFET DE SITE – PROXIES DE Vs30

Les GMMs sont fonction d'un terme de site exprimé généralement par une Vs30.

En France, peu de stations sont caractérisées par une Vs30 mesurée (Figure4.a). Plusieurs proxys de Vs30 ont été investigués :

- Vs30_Géophy** – vitesse mesurée à 30 m sur un profil moyen produit à partir de l'inversion des ondes de surface (Hollender et al., 2018).
- Vs10_Géophy** – vitesse mesurée à 10 m sur un profil moyen.
- Vs30_Pente** – Vs30 estimée à partir de la pente topographique (Wald&Allen, 2007).

L'impact de ces proxys de Vs30 sur les résidus a été analysé :

- les proxys de site n'ont pas d'effet sur la tendance des résidus mais ceux-ci sont translatés sur l'axe des fréquences en fonction de la valeur de Vs30.
- le Vs30_Pente est limité vis-à-vis des sites au rocher (Vs30 > 800 m/s).

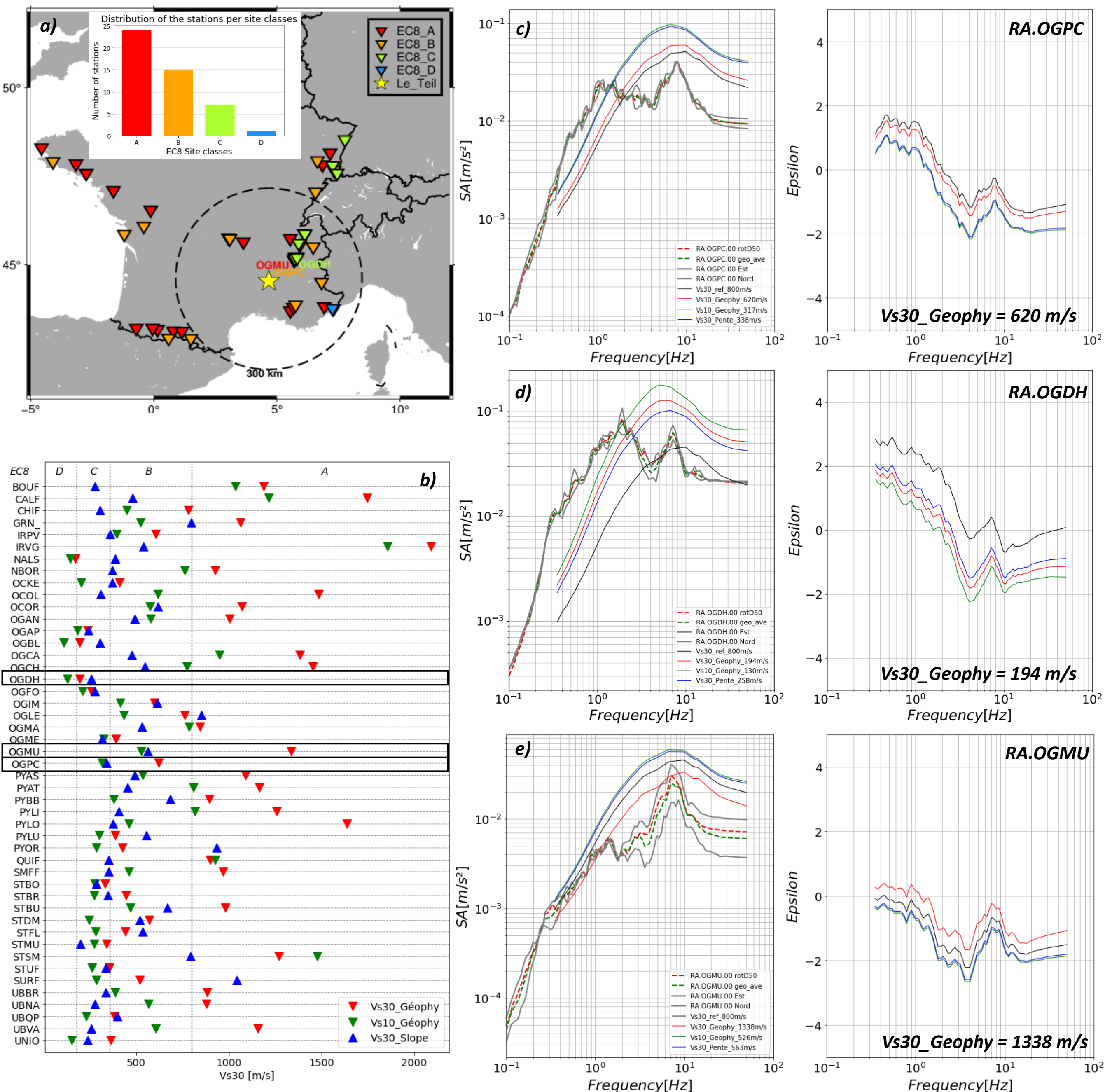


Figure4 : a) Carte des stations françaises caractérisées avec un Vs30 (Hollender et al., 2018), b) Comparaison des trois proxys de site et c-e) Impact des trois proxys de site sur les résidus aux stations RA.OGPC, RA.ODGH et RA.ODGMU respectivement.

REMERCIEMENTS

Ce travail s'inscrit dans le Groupe de Gestion de Programme Mécanique des Structures et Séisme (GGP) en collaboration avec EDF.

La plupart des données utilisées sont accessibles sur la plateforme du Réseau Sismologique et géodésique Français (RESIF).

Nous remercions A. Paul pour le partage des données AlpArray/CIFALPS-2 ainsi que la SNCF et le CEA-DAM pour le partage des données SNCF.

3. COMPARAISON ENTRE OBSERVATIONS ET MODELES EMPIRIQUES DE MOUVEMENTS DU SOL (GMMs)

Tous les enregistrements ont été traités selon la procédure ITACA [Paolucci et al., 2011].

5 GMMs [Bindi et al. (2014) ; Cauzzi et al. (2015) ; Kotha et al. (2020) ; Boore & Atkinson (2014) ; Chiou & Youngs (2014)] ont été utilisés et comparés avec les mouvements du sol enregistrés à chaque station (Figure2.a).

Les résidus (écart entre les observations et les prédictions des GMMs en échelle logarithmique) montrent une tendance caractéristique en fonction de la fréquence, se traduisant par un résidu positif à basses fréquences et par un résidu négatif à hautes fréquences (Figure2.b).

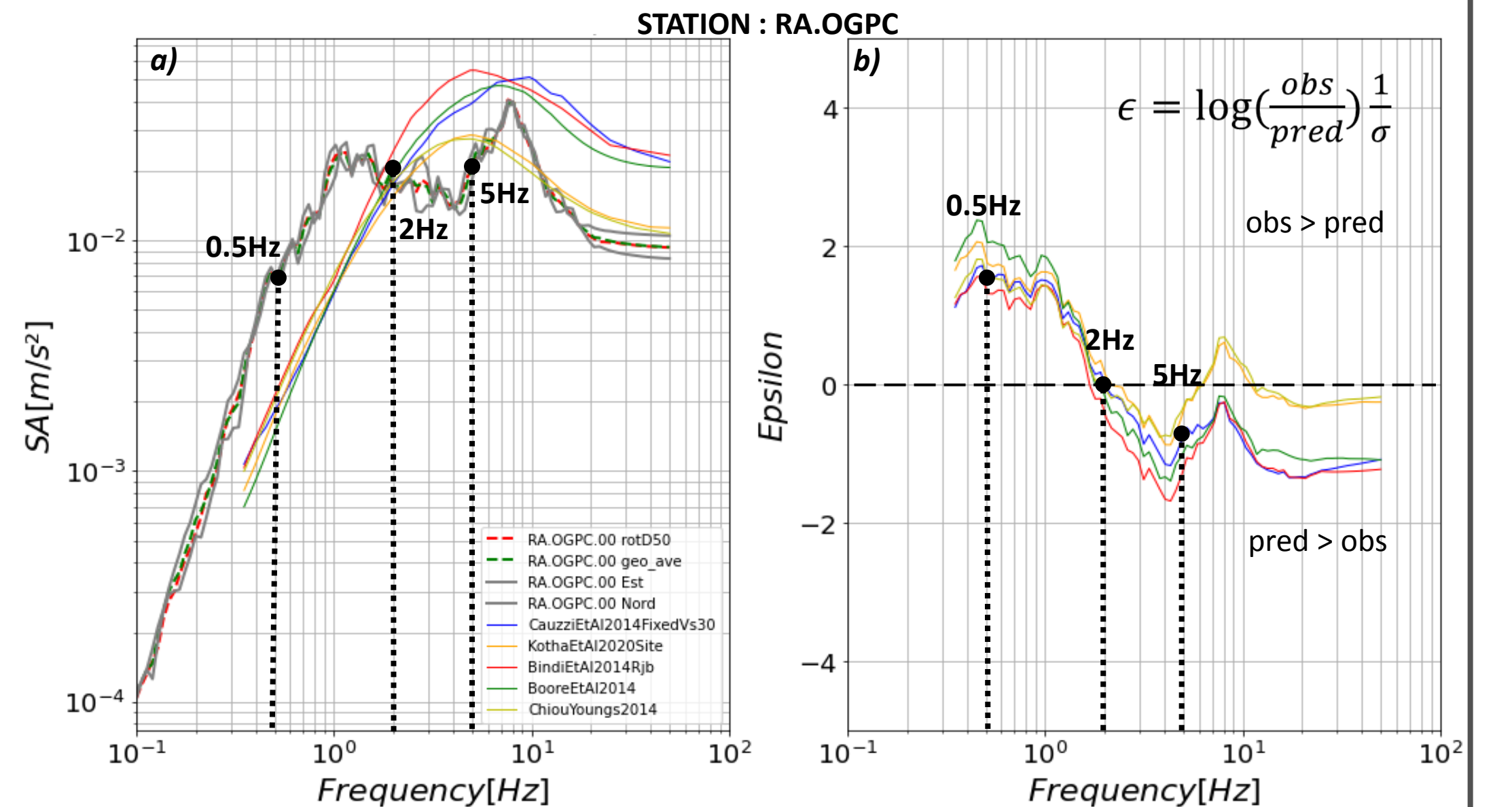
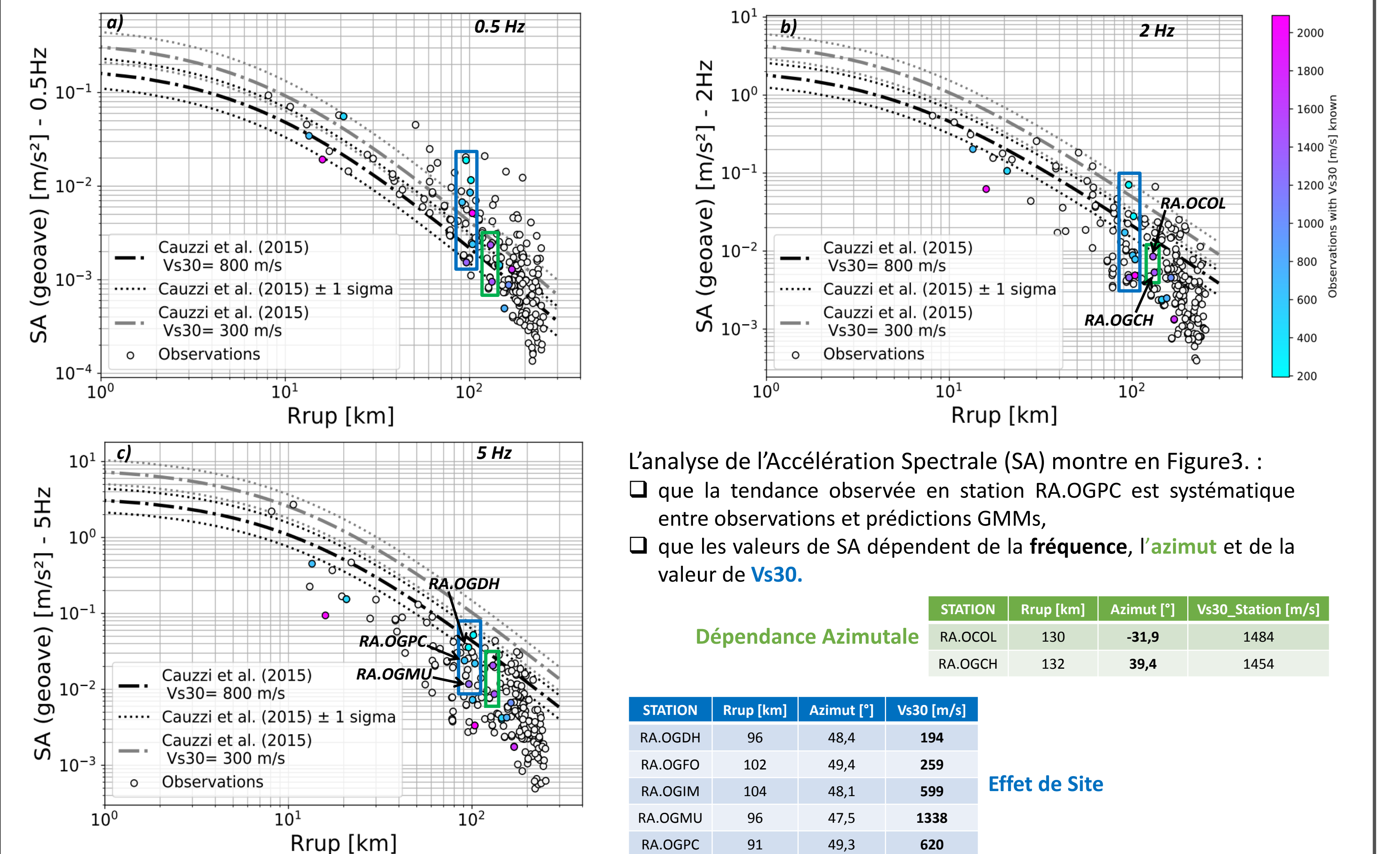


Figure2 : a) Spectre de réponse des mouvements observés et spectres de réponse prédits par les GMMs et b) Comparaison entre spectres observés et prédits (résidus) à la station RA.OGPC.



L'analyse de l'Accélération Spectrale (SA) montre en Figure3 :
 que la tendance observée en station RA.OGPC est systématique entre observations et prédictions GMMs,
 que les valeurs de SA dépendent de la fréquence, l'azimut et de la valeur de Vs30.

Dépendance Azimutale

STATION	Rrup [km]	Azimut [°]	Vs30_Station [m/s]
RA.OCOL	130	-31,9	1484
RA.ODGH	132	39,4	1454

Effet de Site

STATION	Rrup [km]	Azimut [°]	Vs30 [m/s]
RA.ODGH	96	48,4	194
RA.ODFO	102	49,4	259
RA.ODIM	104	48,1	599
RA.ODMU	96	47,5	1338
RA.ODGM	91	49,3	620

Figure3 : Analyse de l'Indicateur de Mesure SA (Accélération Spectrale) à a) 1 Hz, b) 2 Hz et c) 5 Hz en fonction de la distance à la rupture (Rrup) pour les stations sélectionnées (Figure1.a) et pour le GMM CauzziEtAl2014FixedVs30 issu de Cauzzi et al. (2015) avec un Vs30 fixé à 300 m/s et 800 m/s.

5. DÉPENDANCE AZIMUTALE

La distribution spatiale des résidus a été étudiée à 0.5Hz, 1Hz, 2Hz et 10Hz en Figure5.

La valeur de Vs30 utilisée dépend des proxys de site disponibles à chaque station. Le proxy Vs30_Geophy (carré) est considéré comme le plus fiable suivi de Vs30_Pente (triangle).

Les résidus situés du NNE au SSW [Alpes] de la source ont des valeurs inférieures aux valeurs des résidus au NW [Massif Central] en particulier à hautes fréquences : 2 et 10 Hz.

Cette observation pourrait être liée à l'atténuation qui est plus importante dans les Alpes.

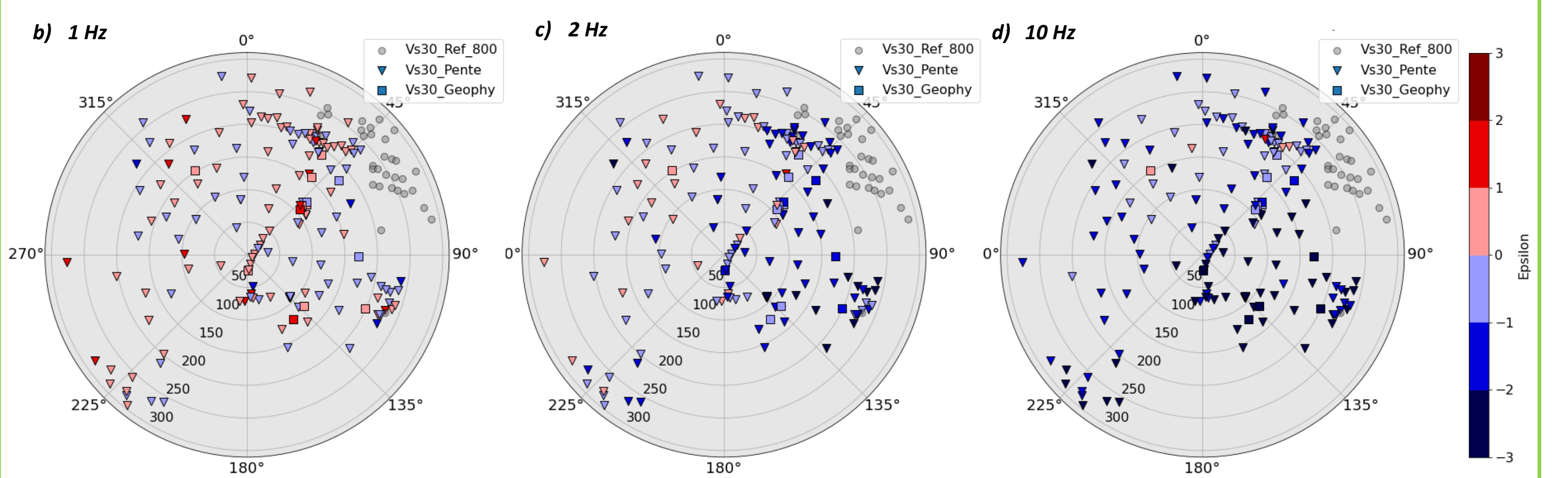


Figure5 : Diagrammes de rose illustrant les résidus en fonction de l'azimut et de la distance à la rupture (Rrup) à a) 0.5 Hz, b) 1 Hz, c) 2 Hz et d) 10 Hz. Les symboles indiquent le type de proxy de site dont est issue la valeur de Vs30 à chaque station.

6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- Une tendance caractéristique des résidus (positifs à basses fréquences et négatifs à hautes fréquences) a été observée.
- Le terme de site ainsi que la géologie régionale ne semblent pas gouverner cette tendance.
- Cette tendance doit avoir une autre origine telle que la superficialité de ce séisme ou la localisation de la source dans une couche à faible vitesse. Dans cette optique, une recherche de séismes analogues ainsi que la comparaison entre observations et simulations numériques sont envisagées.

REFERENCES

AlpArray Seismic Network; (2015): AlpArray Seismic Network (AASN) temporary component. AlpArray Working Group. http://dx.doi.org/10.12686/alparray/v3_2015.

Causse, M., Cornou, C., Maufroy, E., Grasso, J. R., Baillet, L., & El Haber, E. (2021). Exceptional ground motion during the shallow Mw 4.9 2019 Le Teil earthquake, France. *Communications Earth & Environment*, 2(1), 1-9.

Cauzzi, C., Faccioli, E., Vanini, M., & Bianchini, A. (2015). Updated predictive equations for broadband (0.01–10 s) horizontal response spectra and peak ground motions, based on a global dataset of digital acceleration records. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13(6), 1587-1612.

DeLouis, B., Ori, E., Menager, M., Ampuero, J. P., Trilla, A. G., Régnier, M., & Deschamps, A. (2021). Constraining the point source parameters of the 11 November 2019 Mw 4.9 Le Teil earthquake using multiple relocation approaches, first motion and full waveform inversions. *Comptes Rendus. Géoscience*, 353(S1), 1-24.

Hollender, F., Cornou, C., Dechamps, A., Oghalae, K., Renalier, F., Maufroy, E., ... & Sicilia, D. (2018). Characterization of site conditions (soil class, Vs30, velocity profiles) for 33 stations from the French permanent accelerometric network (RAP) using surface-wave methods. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(6), 2337-2365.

Paolucci, R., Paor, F., Puglia, R., Ameri, G., Cauzzi, C., & Massa, M. (2011). Record processing in ITACA, the new Italian strong-motion database. In *Earthquake data in engineering seismology* (pp. 99-113). Springer, Dordrecht.

RESIF. (1995). RESIF-RLBP French Broad-band network, RESIF-RAP strong motion network and other seismic stations in metropolitan France [Data set]. RESIF - Réseau Sismologique et géodésique Français. <https://doi.org/10.15778/RESIF-FR>.

RESIF. (1995). RESIF-RAP French Accelerometric Network [Data set]. RESIF - Réseau Sismologique et géodésique Français. <https://doi.org/10.15778/RESIF-RA>.

Wald, D. J., & Allen, T. I. (2007). Topographic slope as a proxy for seismic site conditions and amplification. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 97(5), 1379-1395.

Zhao, L., Paul, A., Solarino, S., & RESIF. (2018). Seismic network XT: CIFALPS-2 temporary experiment (China-Italy-France Alps seismic transect #2) [Data set]. RESIF - Réseau Sismologique et géodésique Français. <https://doi.org/10.15778/RESIF-XT2018>.